

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 décembre 2001 (27.12.2001)

PCT

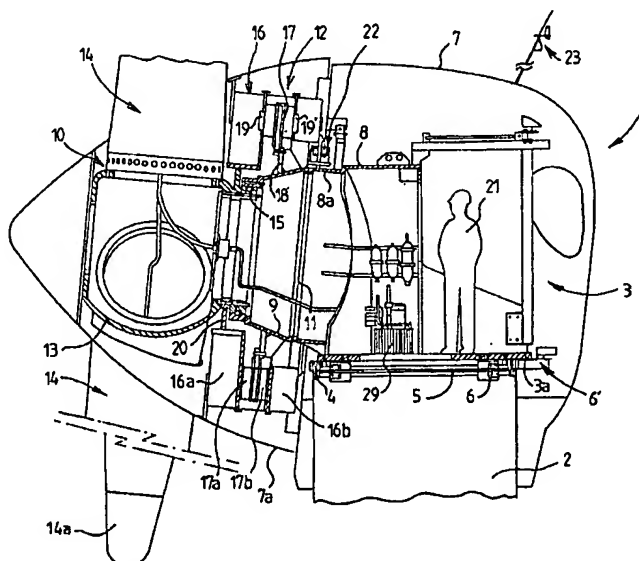
(10) Numéro de publication internationale
WO 01/98655 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : F03D 11/00, 9/00
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR01/01747
- (22) Date de dépôt international : 6 juin 2001 (06.06.2001)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
00/07813 19 juin 2000 (19.06.2000) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : JEU-MONT S.A. [FR/FR]; Tour Framatome, 1, Place de la Coupole, F-92400 Courbevoie (FR).
- (72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CANINI, Jean-Marc [FR/FR]; 1, rue Basse, F-59149 Aibes (FR). MILET, Yves [FR/FR]; 28, rue des Iris, F-59600 Assevent (FR). BRUTSAERT, Patrick [FR/FR]; 27, résidence Jacques Prévert, F-59245 Recquignies (FR).
- (74) Mandataire : JACOBSON, Claude; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).
- (81) États désignés (national) : AU, BR, CA, CN, JP, KP, KR, MN, MX, NO, NZ, US.
- (84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR PRODUCING ELECTRIC CURRENT FROM WIND ENERGY

(54) Titre : DISPOSITIF DE PRODUCTION DE COURANT ELECTRIQUE A PARTIR D'ENERGIE EOLIENNE



(57) Abstract: The invention concerns a device comprising a nacelle (3) mounted rotating about a vertical axis on the upper part of a mast (2) and comprising a rotating part (10) mounted rotating about a substantially horizontal axis via a bearing (15) with large diameter. The rotating part (10) comprises a hub (13) whereon are mounted blades (14). The device comprises an electric generator (12) having a stator (17) and a discoid rotor (16). The rotor (16) is secured by a linking element (20) on the hub (13), in a location adjacent to the bearing (15), such that the forces exerted by the wind on the rotating part (10) are transmitted directly to the bearing (15) without passing through the electric generator (12).

[Suite sur la page suivante]

WO 01/98655 A1



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** Le dispositif comporte une nacelle (3) montée rotative autour d'un axe vertical sur la partie supérieure d'un mât (2) et comportant une partie tournante (10) montée rotative autour d'un axe sensiblement horizontal par l'intermédiaire d'un palier (15) de grand diamètre. La partie tournante (10) comporte un moyeu (13) sur lequel sont fixées des pales (14). Le dispositif comporte une génératrice électrique (12) ayant un stator (17) et un rotor (16) de forme discoïde. Le rotor (16) est fixé par un élément de liaison (20) sur le moyeu (13), dans une disposition adjacente au palier (15), de sorte que les efforts exercés par le vent sur la partie tournante (10) sont transmis directement au palier (15) sans transiter par la génératrice électrique (12).

Dispositif de production de courant électrique à partir d'énergie éolienne.

L'invention concerne un dispositif de production de courant électrique à partir d'énergie éolienne.

On connaît des dispositifs de captage de l'énergie fournie par le vent, ou éoliennes, qui comportent un mât vertical fixé au sol ou au fond de la mer, ou encore sur une plate-forme flottante, par son extrémité inférieure et
5 une nacelle montée rotative autour d'un axe vertical sur une partie d'extrémité supérieure du mât. Sur la nacelle est montée rotative autour d'un axe sensiblement horizontal ou peu incliné par rapport à l'horizontale, la partie tournante de l'éolienne qui comporte un moyeu et au moins deux pales
10 fixées sur le moyeu dans des directions radiales par rapport à l'axe de rotation du moyeu. Le moyeu est monté rotatif sur la nacelle, par l'intermédiaire d'au moins un palier. La production de courant électrique à partir de l'énergie éolienne captée par la partie tournante de l'éolienne est assurée par une
15 génératrice tel qu'un alternateur pouvant comporter au moins un stator solidaire de la nacelle et au moins un rotor solidaire du moyeu de la partie tournante de l'éolienne.

Un des problèmes rencontrés par les fabricants d'éoliennes est relatif à la nécessité d'obtenir des puissances électriques importantes, tout en limitant la taille de la génératrice électrique qui influe sur la taille de la nacelle.
20 Il est connu que les génératrices de type discoïde, c'est-à-dire des machines comportant au moins un rotor et au moins un stator qui ont des faces annulaires en vis-à-vis sur lesquelles sont disposés des éléments magnétiques ou électromagnétiques coopérant pour la production de courant électrique, peuvent présenter certains avantages du fait qu'on peut obtenir une surface
25 utile de la machine relativement importante dans un faible volume. Ces dispositifs sont particulièrement avantageux, lorsque le rotor de la génératrice est fixé directement sur la partie tournante de l'éolienne et qu'on évite ainsi l'utilisation d'un multiplicateur de vitesse de type mécanique.

Cependant, cette technique n'a pas été utilisée jusqu'ici de manière
30 courante, à l'échelle industrielle, du fait qu'il est difficile de concevoir un montage rotatif de la partie tournante et du rotor, de telle manière qu'on puisse contrecarrer et/ou équilibrer les forces, en particulier les forces axia-

les s'exerçant sur la partie tournante, de manière à maintenir la position du ou des rotors par rapport aux disques statoriques.

La partie tournante de l'éolienne est soumise à des efforts exercés par le vent qui produisent en particulier une flexion du moyeu et de ses
5 moyens de support rotatifs, même dans le cas où un ou plusieurs paliers de butée assurent la compensation des forces axiales exercées sur la partie tournante.

Dans le cas où le rotor de la génératrice est fixé sur la partie tournante de l'éolienne, ces efforts exercés par le vent sur la partie tournante
10 sont transmis directement au rotor de la génératrice, de sorte qu'il est difficile de maintenir la largeur des entrefers de la génératrice à des valeurs faibles et précises, dans le cas d'une machine discoïde comportant un ou plusieurs disques rotors en vis-à-vis d'un ou plusieurs disques stators.

En outre, la partie tournante de l'éolienne et en particulier le rotor subissent pendant le fonctionnement de l'éolienne des efforts et déformations
15 alternés qui se traduisent par une fatigue de ces pièces en service.

On connaît d'autre part des dispositifs de production de courant électrique à partir d'énergie éolienne comportant un alternateur de type classique à flux radial dont la partie tournante est montée rotative sur la nacelle
20 par l'intermédiaire d'un palier tel qu'un palier à roulement fixé sur un arbre solidaire de la nacelle réalisé sous forme tubulaire et présentant un axe faiblement incliné par rapport à l'horizontale. Le moyeu de la partie tournante de l'éolienne est solidaire d'un support tubulaire monté rotatif sur la bague externe du palier et portant le rotor de la génératrice électrique de type radial
25 sur une partie d'extrémité opposée au moyeu portant les pales. Dans ce cas, le vent exerce, par l'intermédiaire des pales et du moyeu une force tendant à faire pivoter le rotor autour du palier de la partie tournante, par rapport à un axe perpendiculaire à l'axe du palier.

Le moyeu portant les pales du rotor fixé en porte-à-faux par rapport au palier exerce en outre un couple important sur le palier et la structure de support de l'éolienne.
30

Le fait qu'on trouve sur le marché, à l'heure actuelle, des aimants permanents très performants permet d'envisager la réalisation de génératri-

ces électriques de type discoïde comportant un rotor portant des aimants permanents. Dans ce cas, on peut réaliser les rotors et les stators des machines discoïdes de manière à limiter le poids et la longueur totale des génératrices électriques.

- 5 La réalisation d'une éolienne comportant une structure permettant d'utiliser une machine génératrice de courant électrique de type discoïde à aimants permanents présente donc un très grand avantage.

Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif de production de courant électrique à partir d'énergie éolienne comportant un mât vertical
10 fixé sur une surface de support telle que le sol, le fond de la mer ou une plate-forme flottante, par une partie d'extrémité inférieure, une nacelle montée rotative autour d'un axe vertical sur une partie d'extrémité supérieure du mât, une partie tournante comprenant un moyeu et au moins deux pales fixées sur le moyeu dans des directions sensiblement radiales, au moins un
15 palier de montage rotatif de la partie tournante sur la nacelle ayant un axe peu incliné par rapport à l'horizontale et une génératrice de courant électrique comportant au moins un stator solidaire de la nacelle et au moins un rotor solidaire du moyeu de la partie tournante par l'intermédiaire d'un élément de fixation sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation de la partie
20 tournante, ce dispositif permettant d'obtenir une forte puissance installée sous un volume faible de la nacelle.

Dans ce but :

- le rotor et le stator présentent chacun au moins une partie active en forme de disque portant des éléments électromagnétiques en vis-à-vis,
- 25 - la partie tournante est montée rotative sur la nacelle par l'intermédiaire d'un seul palier dont le diamètre est inférieur de moins de 20 % au diamètre d'un cercle inscrit dans la section droite perpendiculaire à l'axe de rotation de la partie tournante, d'une surface formée par des zones de fixation des pales sur le moyeu, et
- 30 - l'élément de fixation du rotor sur le moyeu est dans une disposition adjacente par rapport au palier, dans la direction axiale du palier.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire à titre d'exemple, en se référant à la figure jointe en annexe, un mode de réalisation d'un dispositif de production de courant électrique suivant l'invention.

La figure unique est une vue en élévation et en coupe par un plan
5 vertical de la partie supérieure d'une éolienne réalisée suivant l'invention.

Sur la figure 1, on a représenté la partie supérieure d'une éolienne selon l'invention désignée de manière générale par le repère 1.

L'éolienne 1 comporte un mât vertical 2 dont seule la partie d'extrémité supérieure a été représentée sur la figure 1.

10 Le mât 2 dont on n'a représenté que la partie supérieure sur la figure 1 peut présenter une très grande hauteur, par exemple une hauteur de l'ordre de 40 à 50 m, la partie inférieure du mât étant fixée dans un massif d'ancrage sur le sol du site de production d'énergie éolienne, ou encore au fond de la mer ou sur une plate forme flottante, dans le cas d'une installation en
15 mer.

Sur la partie supérieure du mât 2 représenté sur la figure 1 est montée une nacelle 3 qui comporte une plate-forme 3a montée rotative sur la partie supérieure du mât 2 par l'intermédiaire d'une couronne à roulement 4 et maintenue par des tirants, de manière que la nacelle 3 soit montée rotative autour de l'axe vertical du mât 2 et supportée par la partie d'extrémité
20 supérieure du mât 2. Un frein à disque 5 comportant des étriers 6 répartis suivant la périphérie d'une couronne solidaire de la plate-forme 3a permet de freiner la nacelle, lors de ses déplacements en rotation autour de l'axe vertical du mât 2 commandés par des motoréducteurs d'entraînement 6'.

25 La plate-forme 3 comporte une enveloppe profilée 7 ou carène assurant la protection des composants de l'éolienne disposés dans la nacelle.

La plate-forme 3a de la nacelle assure en particulier le support du bâti principal 8 de la nacelle et de la centrale hydraulique 29 d'alimentation du frein 6 du système d'orientation de la nacelle autour de l'axe vertical du mât et d'un frein de ralentissement et d'arrêt d'une partie tournante 10 de la nacelle qui sera décrite par la suite, ainsi que du système de refroidissement de la génératrice électrique de l'éolienne, d'un boîtier renfermant l'électronique de commande de l'éolienne, et d'un boîtier renfermant un convertisseur

électrique du courant produit par la génératrice et de différents accessoires permettant le réglage de l'éolienne en fonctionnement.

Sur le bâti principal 8 de la nacelle est fixé, par l'intermédiaire d'une pièce de raccordement 8a de forme cylindrique, le bâti 9 de support du stator 17 de la génératrice électrique, réalisé sous la forme d'une pièce tubulaire de forme tronconique. La pièce de raccordement cylindrique 8a et le bâti 9 de la partie statorique de la génératrice sont disposés avec leurs axes alignés et légèrement inclinés par rapport à l'horizontale et sont raccordés suivant un plan de raccordement 11 légèrement incliné par rapport au plan vertical.

L'éolienne comporte une partie tournante désignée de manière générale par le repère 10 qui comporte en particulier un moyeu 13 monté rotatif autour de l'axe commun au bâti 9 et à la pièce de raccordement 8a légèrement inclinée par rapport à l'horizontale, par l'intermédiaire d'un palier unique 15 constitué de préférence par un roulement de grande dimension.

Sur le moyeu 13 sont fixées les pales 14 de la partie tournante de l'éolienne sur lesquelles s'exerce la force du vent mettant en rotation la partie tournante 10 de l'éolienne.

Dans le cas du mode de réalisation représenté, le moyeu 13 comporte trois zones annulaires planes de fixation d'une pale 14 réparties autour de l'axe du moyeu dans des dispositions sensiblement à 120° sur trois faces planes du moyeu 13 constituant une surface prismatique dont la section droite par un plan perpendiculaire à l'axe de la partie tournante 10 est un triangle équilatéral situé dans un plan perpendiculaire à l'axe du moyeu et centré par rapport à celui-ci.

La partie tournante 10 de l'éolienne comporte également le rotor 16 de la génératrice électrique 12 de l'éolienne dont le stator 17 est fixé sur le bâti support 9, par l'intermédiaire d'une bride 18 de forme annulaire et perpendiculaire à l'axe du bâti support 9.

Le rotor 16 et le stator 17 comportent chacun deux éléments 16a, 16b ou 17a, 17b dont les parties actives sont réalisées sous forme de disques et placées en vis-à-vis. Le rotor double 16 comporte deux faces actives en forme de disques dont l'une est située sur l'élément 16a et placée en vis-à-

vis de la face active de l'élément 17a du stator et dont l'autre est disposée sur l'élément 16b en vis-à-vis de la face active de l'élément 17b du stator. Les éléments 17a et 17b du stator sont placés de part et d'autre d'un support solidaire de la bride 18 de fixation du stator sur le bâti 9.

- 5 Sur les faces actives des éléments 16a et 16b du rotor double 16, sont fixés, dans des dispositions successives suivant la circonférence des faces actives, des aimants permanents 19 et 19' qui peuvent être par exemple des aimants en un matériau tel que le néodyme fer bore (Nd Fe B).

- 10 Les faces actives des éléments 17a et 17b du stator disposées en vis-à-vis des faces actives des éléments correspondants 16a et 16b du rotor sont constituées par des bobinages insérés dans des encoches d'un noyau statorique constitué par une bande en tôle magnétique enroulée sur elle-même.

- 15 L'utilisation d'aimants permanents sur les faces actives du rotor permet de réaliser une génératrice électrique 12 présentant un très faible pas polaire. On diminue ainsi la masse et l'encombrement de la génératrice électrique 12, pour une puissance installée donnée.

- 20 Les aimants 19 et 19' des éléments 16a et 16b du rotor double 16 sont d'une épaisseur faible par rapport à l'ensemble de l'épaisseur des éléments 16a et 16b du rotor, la plus grande partie de la masse du rotor étant constituée par une armature en acier sur laquelle sont logés les aimants permanents, cette armature assurant la résistance mécanique dudit rotor.

- 25 Les armatures des éléments 16a et 16b du rotor sont reliées entre elles suivant la partie périphérique externe du rotor de forme globalement annulaire, de telle manière que les faces actives des éléments 16a et 16b du rotor portant les aimants permanents 19 et 19' se trouvent en vis-à-vis et à une distance l'une de l'autre supérieure à l'épaisseur totale du stator 17. De cette manière, on peut réaliser le montage de la génératrice 12 représentée sur la figure, les éléments du rotor 16 venant chevaucher le stator 17 qui est
30 intercalé entre les éléments 16a et 16b du rotor 16. On obtient ainsi un montage compact de la génératrice électrique, avec une surface utile totale correspondant à la somme des surfaces actives des éléments rotoriques et statoriques.

L'armature de l'élément 16a du rotor disposée vers l'avant, c'est-à-dire vers l'ensemble comportant le moyeu 13 et les pales 14 de l'éolienne, est solidaire d'une bride 20 de forme générale annulaire par l'intermédiaire de laquelle on assure la fixation du rotor 16 sur le moyeu 13 et sur la partie
5 interne tournante du palier 15.

Le palier 15 réalisé sous la forme d'un roulement comporte une partie externe ou bague externe fixée de manière rigidement solidaire sur la partie d'extrémité antérieure du bâti support 9, dans une disposition coaxiale au bâti support 9 et une partie interne ou bague interne qui est montée tour-
10 nante par rapport à la bague externe, par l'intermédiaire des éléments de roulement du palier 15.

L'assemblage du moyeu 13 et du rotor 16, par l'intermédiaire de la bride de fixation 20, et de la bague interne tournante du palier 15 est réalisé par exemple par des tirants qui permettent un assemblage rigide et résistant.
15 L'assemblage est réalisé de manière que le moyeu portant les pales 14, le rotor 16 et le palier 15 soient parfaitement coaxiaux.

Le palier 15 est un palier à roulement de grande dimension dont le diamètre est sensiblement égal ou un peu inférieur au diamètre du cercle inscrit dans le triangle équilatéral constituant la section droite de la surface
20 prismatique formée par les faces planes de raccordement des pales 14 sur le moyeu 13. Dans tous les cas, le diamètre du palier, c'est-à-dire le diamètre du cercle passant par les centres des éléments de roulement, n'est que très légèrement inférieur, de moins de 20 % ou de préférence de moins de
25 10%, au diamètre du cercle inscrit dans la section droite d'une surface formée par les zones de raccordement des pales.

En outre, comme il est visible sur la figure, la bride 20 de raccordement du rotor 16 de forme annulaire comporte une partie interne qui est intercalée entre le moyeu 13 et la bague interne tournante du palier 15 et située de manière immédiatement adjacente au palier 15, dans la direction
30 axiale commune au palier 15, au rotor 16 et au moyeu 13.

L'élément de fixation 20 du rotor est fixé rigidement au moyeu 13 et au palier 15, par exemple par l'intermédiaire de tirants.

L'ensemble des composants sensibles de l'éolienne disposés dans la nacelle est protégé par l'enveloppe de nacelle 7 qui comporte une partie antérieure 7a solidaire de la partie tournante 10 de l'éolienne. Une étanchéité est assurée entre la partie de l'enveloppe de carénage de la nacelle
5 solidaire de la plate-forme 3a et la partie d'enveloppe de carénage 7a solidaire de la partie tournante 10 de l'éolienne.

Les pales 14 de l'éolienne sont montées sur le moyeu 13, soit de manière fixe, soit de manière à pouvoir être orientées de façon automatique en fonction de la vitesse du vent et de la vitesse de rotation de l'éolienne et à
10 réaliser un décrochage, lorsque la vitesse de rotation de l'éolienne ou la vitesse du vent atteint une valeur critique. On obtient ainsi une parfaite sécurité de fonctionnement de l'éolienne.

On peut remarquer que l'utilisation d'un seul palier 15 de grande dimension pour le montage de la partie tournante de l'éolienne et la réalisation
15 sous forme creuse du bâti support du stator et du palier 15 permet à un opérateur 21 d'accéder par l'intérieur, depuis la plate-forme 3a, aux zones de raccordement des pales 14 sur le moyeu 13, par exemple pour effectuer des contrôles et réparations.

Chacune des pales 14 de l'éolienne comporte une partie d'extrémité
20 14a qui peut être orientée de manière automatique autour de l'axe longitudinal de direction radiale de la pale 14 correspondante, par l'intermédiaire d'une tringlerie. On réalise ainsi un freinage aérodynamique de la partie tournante de l'éolienne, l'extrémité 14a des pales 14 de l'éolienne étant déplacée par pivotement autour de l'axe longitudinal de la pale, sur ordre du
25 système de contrôle général de l'éolienne en fonction de la vitesse du vent ou de la vitesse de rotation de la partie tournante 10 ou en cas de survitesse de la partie tournante, par effet centrifuge.

L'éolienne comporte également un frein mécanique 22 constitué sous la forme d'un frein à disque dont le disque est solidaire de l'élément 16b du
30 rotor 16 et placé dans une disposition coaxiale par rapport au rotor. Le frein à disque 22 comporte de plus une pluralité d'étriers répartis suivant la périphérie externe de la pièce de raccordement 8a du bâti principal 8 de la nacelle, de manière à venir en prise avec le disque solidaire du rotor pour réa-

liser le freinage du rotor et de l'ensemble de la partie tournante de l'éolienne ou éventuellement l'arrêt de l'éolienne.

La combinaison du freinage aérodynamique et du freinage mécanique permet d'accroître la sécurité de fonctionnement de l'éolienne. En outre, l'intégration du frein à disque au rotor de la génératrice électrique 12 de l'éolienne permet une réalisation compacte et un gain de place à l'intérieur de la nacelle.

De plus, pour permettre le pilotage et le contrôle de l'éolienne, la nacelle porte une antenne sur laquelle sont fixés une girouette 23 et un anémomètre permettant de déterminer de manière précise la direction et la vitesse du vent.

L'orientation de l'éolienne face au vent est réalisée à l'aide d'un asservissement en position de la nacelle à partir d'une information donnée par la girouette 23. Lorsqu'un écart angulaire supérieur à une certaine limite entre la position de l'éolienne et la direction du vent donnée par la girouette est détecté, des motoréducteurs électriques sont actionnés pour déplacer la nacelle en rotation autour de l'axe vertical du mât 2, de manière à remettre la partie antérieure de la nacelle face au vent. Le déplacement de la nacelle est amorti et freiné par le frein à disque 5, 6 actionné hydrauliquement. La nacelle peut tourner sur elle-même jusqu'à un certain nombre de fractions de tour ou un certain nombre de tour, par exemple trois tours, avant qu'une procédure automatique arrête l'éolienne et la remette dans sa position initiale. Ce procédé automatique permet d'éviter toute détérioration dû à un enroulement trop important des câbles reliant la nacelle 3 et le mât 2.

Lorsque l'éolienne est en fonctionnement, sa partie antérieure étant dirigée face au vent, la partie tournante est mise en rotation par action du vent sur les pales 14. Le rotor 16, mis en rotation en vis-à-vis du stator 17, crée un champ tournant qui induit des forces électromotrices dans les bobinages du stator. Un courant est récupéré et transformé par une électronique de puissance, de manière à fournir du courant électrique à un réseau. Le boîtier électronique de commande de la génératrice de l'éolienne permet de piloter les composants de l'électronique de puissance pour fournir au réseau un courant ayant une fréquence constante, quelle que soit la vitesse de ro-

tation de la partie tournante de l'éolienne et d'optimiser le fonctionnement de la génératrice en fonction de la vitesse du vent et de la partie tournante 10 de l'éolienne.

Le rotor 16 de la génératrice électrique 12 qui est solidaire du moyeu
5 13 portant les pales 14 est donc entraîné directement en rotation à la vitesse de la partie tournante, ce qui évite toute utilisation d'un dispositif mécanique de transmission tel qu'un multiplicateur.

Les variations de vitesse de la partie tournante 10 de l'éolienne sont compensées par l'électronique de puissance permettant de transformer le
10 courant fourni par la génératrice électrique 12.

Le vent exerce non seulement des forces permettant de faire tourner la partie tournante de l'éolienne mais également des efforts dans la direction axiale qui doivent être repris pour éviter tout déplacement et toute déformation des composants de la partie tournante de l'éolienne et en particulier du
15 rotor 16.

La liaison rigide du moyeu 13 et de la bague tournante du palier 15 permet une reprise directe des efforts axiaux au niveau du palier 15, par la structure de support de la nacelle comportant le bâti support 9 et le bâti principal 8. Il ne se produit donc aucun déplacement des éléments du rotor dans
20 la direction axiale, de sorte que l'entrefer peut être maintenu à une valeur parfaitement constante.

L'entrefer entre les éléments rotoriques et les éléments statoriques peut être réglé de manière que le stator exerce sur le rotor des forces magnétiques de direction axiale qui compensent au moins partiellement l'action
25 du vent dans la direction axiale. Le palier 15 subit donc des contraintes minimales. En outre, la distance suivant leur axe commun du moyeu et du palier 15 peut être fixée à une valeur très faible, de sorte que le moyeu 13 et les pales 14 adjacents au palier 15 ne sont que très faiblement en porte-à-faux par rapport au palier 15, ce qui réduit encore les contraintes subies par
30 le palier 15.

La fixation du rotor 16 sur le moyeu 13 et la partie tournante du palier, dans une position immédiatement adjacente au palier, permet également de

limiter très fortement les déformations et les contraintes de fatigue subies en service par le rotor 16.

En effet, dans le cas où le vent exerce une force de flexion sur le moyeu 13, par l'intermédiaire des pales 14, autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation de la partie tournante 10 de l'éolienne, le rotor 16 subit un déplacement très faible et pratiquement négligeable, du fait qu'il est relié au moyeu 13, dans une position immédiatement adjacente au palier 15. Le palier 15 reprend les efforts de flexion, sans qu'ils soient transmis au rotor 16. On évite ainsi tout déplacement du rotor 16 modifiant l'entrefer et occasionnant une détérioration du rotor par fatigue.

Comme expliqué plus haut, l'un des avantages du montage de la partie tournante 10 de l'éolienne sur la partie fixe, par l'intermédiaire d'un seul palier de grand diamètre avec une fixation du rotor de la génératrice électrique dans une position adjacente au palier est de permettre une transmission directe des forces exercées par le vent sur la partie tournante à la partie fixe de la nacelle 3, sans transiter par la structure de la génératrice électrique qui est donc soumise à des contraintes plus faibles et qui peut être réalisée sous une forme plus légère. D'autre part, le roulement constituant le palier 15 est constamment chargé et tout risque d'usure prématurée due à un chargement trop faible des éléments de roulement est ainsi évité.

En outre, le bon fonctionnement du roulement unique constituant le palier 15 est assuré par un système automatique de lubrification permettant de garantir à chaque instant la présence de lubrifiant en tout point du roulement quelle que soit la vitesse de rotation.

La structure de l'éolienne est réalisée à partir de plusieurs sous-ensembles qui peuvent être reliés au niveau de plans de joint constitués par des brides de raccordement.

Un premier sous-ensemble comporte le bâti principal 8 solidaire de la plate forme 3a et renfermant les différents composants indiqués plus haut qui est monté tournant autour d'un axe vertical sur la partie supérieure du mât 2, au niveau d'un premier plan de joint. Le premier sous-ensemble est relié à un second sous-ensemble par des brides suivant le plan de joint 11.

Le second sous-ensemble qui comporte le bâti support 9 et la génératrice 12 constituée du stator 17 et du rotor 16 et le roulement 15 est relié par des brides au premier sous-ensemble suivant le plan de joint 11 et au niveau du palier 15 à un troisième sous-ensemble qui comporte, outre le moyeu 13 et les pales 14 de la partie tournante 10, tous les éléments associés tels que les accessoires du frein aérodynamique. Les efforts exercés par le vent sur le troisième sous-ensemble sont repris par le premier sous-ensemble, par l'intermédiaire du second sous-ensemble.

Le premier sous-ensemble renferme également différents composants tels que le boîtier du convertisseur, le boîtier de commande de l'éolienne et des centrales de lubrification et de refroidissement.

La partie tournante 10 de l'éolienne est reliée à l'extrémité du bâti support 9, par l'intermédiaire du palier 15 dont les bagues interne et externe sont bridées respectivement sur la partie tournante et sur le bâti support 9.

L'ensemble des efforts exercés sur la partie tournante est repris au niveau du palier 15, par la partie de la nacelle solidaire de la plate-forme.

L'invention ne se limite pas strictement au mode de réalisation qui a été décrit.

C'est ainsi que la génératrice électrique peut comporter un seul élément de rotor et un seul élément de stator ou un nombre quelconque d'éléments rotoriques et d'éléments statoriques, les éléments rotoriques étant fixés sur le moyeu de la partie tournante de l'éolienne par un élément de fixation dans une position adjacente par rapport au palier unique de montage rotatif de la partie tournante.

L'éolienne suivant l'invention peut comporter tout dispositif de commande, de réglage ou de sécurité qui sont nécessaires pour assurer un fonctionnement sans défaut de l'éolienne.

REVENDICATIONS

1.- Dispositif de production de courant électrique à partir d'énergie éolienne comportant un mât vertical (2) fixé sur une surface de support par une partie d'extrémité inférieure, une nacelle (3) montée rotative autour d'un
5 axe vertical sur une partie d'extrémité supérieure du mât (2), une partie tournante (10) comprenant un moyeu (13) et au moins deux pales (14) fixées sur le moyeu (13) dans des directions sensiblement radiales, au moins un palier (15) de montage rotatif de la partie tournante (10) de la nacelle (3), ayant un axe sensiblement horizontal, une génératrice (12) de courant électrique
10 comportant au moins un stator (17) solidaire de la nacelle (3) et au moins un rotor (16) solidaire du moyeu (13) de la partie tournante (10), par l'intermédiaire d'un élément de fixation (20) sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation de la partie tournante (10), caractérisé par le fait que:

- le rotor (16) et le stator (17) présentent chacun au moins une partie
15 active en forme de disque portant des éléments électromagnétiques (19, 19') en vis-à-vis,

- la partie tournante (10) est montée rotative sur la nacelle (3) par l'intermédiaire d'un seul palier (15) dont le diamètre est inférieur de moins de 20 % au diamètre d'un cercle inscrit dans la section droite perpendiculaire à
20 l'axe de la partie tournante (10) d'une surface formée par des zones de raccordement des pales (14) sur le moyeu (10), et

- l'élément de fixation (20) du rotor (16) sur le moyeu (13) est dans une disposition adjacente par rapport au palier (15), dans la direction axiale du palier (15).

25 2.- Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'élément de liaison (20) du rotor (16) au moyeu (13) présente une forme annulaire et une partie interne de liaison au moyeu (13) et à une bague tournante interne du palier à roulement (15), intercalée dans la direction axiale du moyeu (13) et du palier (15), entre le moyeu (13) et le palier (15),
30 sur lesquels l'élément de fixation (20) est fixé rigidement, par exemple par des tirants.

3.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'il comporte un premier sous-ensemble comprenant un

bâti principal (8) monté rotatif sur la partie supérieure du mât (2), un second sous-ensemble fixé sur le premier sous-ensemble suivant un plan de joint (11), et comportant sur un bâti de support (9), la génératrice de courant électrique (12) constituée du stator (17) et du rotor (16) et le palier (15), et
5 un troisième sous-ensemble relié au second sous-ensemble au niveau du palier (15) et comportant le moyeu (13) et les pales (14) de la partie tournante (10), les trois sous-ensembles étant reliés entre eux par des brides de manière à reprendre les efforts exercés par le vent sur la partie tournante (10) sur le premier sous-ensemble par l'intermédiaire du second sous-ensemble, le premier sous-ensemble renfermant différents composants.

4.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que les parties actives en forme de disques du rotor et du stator sont séparées par un entrefer dont la longueur est réglée de manière que le stator (17) exerce sur le rotor (16) et sur la partie tournante (10) une
15 force de direction axiale opposée à la force de direction axiale exercée par le vent sur la partie tournante (10).

5.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'il comporte de plus un frein mécanique (22) de la partie tournante (10) constitué par un frein à disque dont le disque est solidaire
20 du rotor (16) de la génératrice de courant électrique (12) et qui comporte une pluralité d'étriers de freinage du disque répartis suivant la périphérie externe d'une partie d'un bâti (8) de la nacelle (3).

6.- Dispositif suivant la revendication 5, caractérisé par le fait qu'il comporte de plus un système de freinage aérodynamique constitué par des
25 parties d'extrémité radiale (14a) des pales (14) opposées aux extrémités des pales (14) reliées au moyeu (13) montées tournantes autour d'un axe longitudinal de la pale (14) correspondante de direction radiale et reliées à un dispositif de pivotement de la partie d'extrémité (14a) de la pale en fonction de la vitesse du vent ou de la vitesse de rotation de la partie tournante (10).

30 7.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que le palier (15) est un palier à roulement et que la nacelle (3) comporte un système de lubrification du palier à roulement (15).

8.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que le palier (15) est dans une disposition pratiquement adjacente par rapport au moyeu (13), dans la direction axiale, de sorte que la partie tournante (10) du dispositif est fixée sur le bâti (8) de la nacelle (3) avec un faible porte-à-faux.

9.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait qu'au moins une partie active en forme de disque du rotor (16) porte des aimants permanents répartis suivant la direction circonférentielle de la partie active du rotor (16).

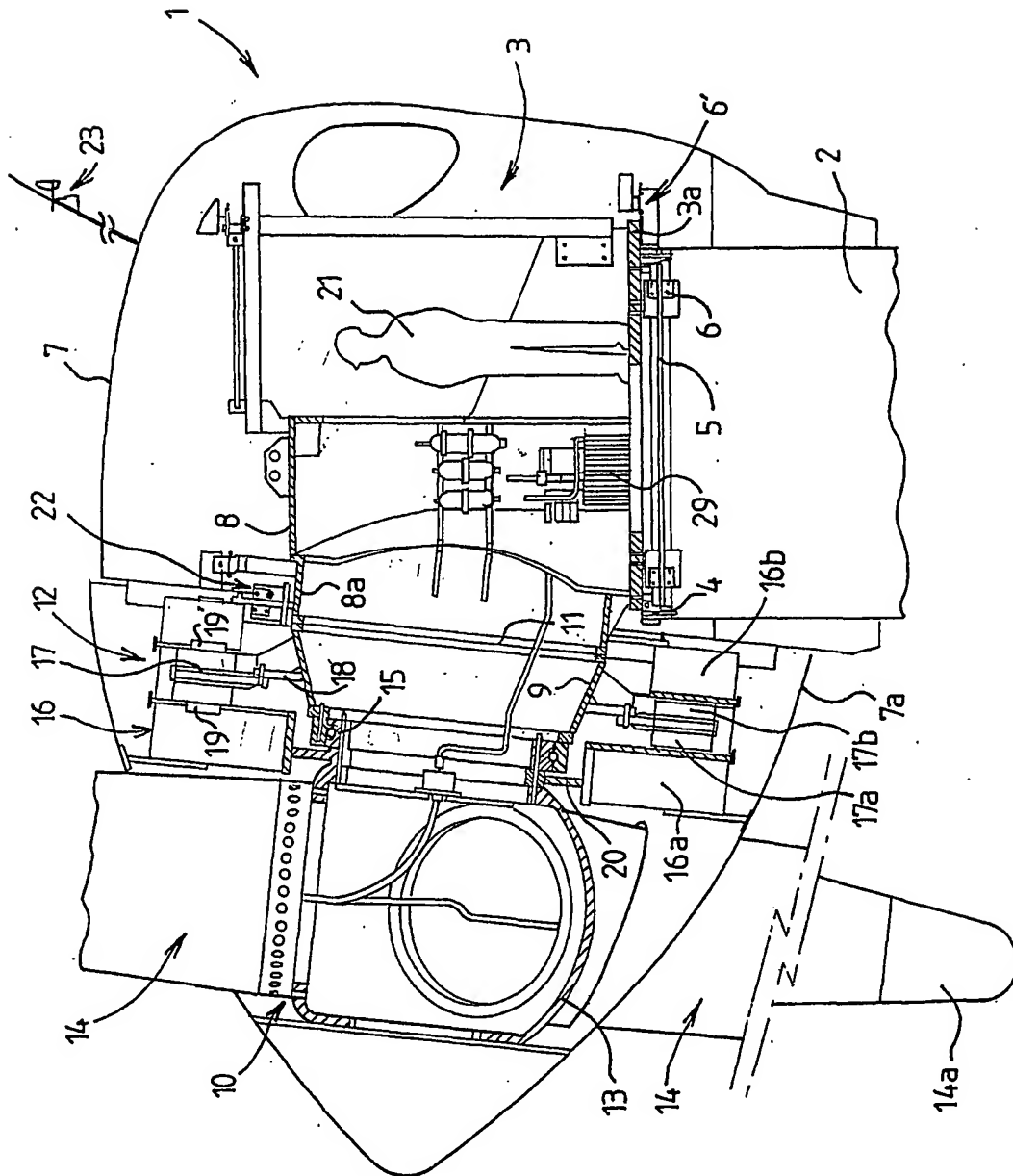


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/01747

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 F03D11/00 F03D9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F03D H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 44 02 184 A (KLINGER FRIEDRICH PROF DR ING) 3 August 1995 (1995-08-03)	1-3, 8, 9
Y	column 3, line 14 - line 17; figure 3	4
Y	EP 0 864 748 A (JEUMONT IND ;FRAMATOME SA (FR)) 16 September 1998 (1998-09-16)	1-3, 8, 9
Y	abstract claim 6	4-7
Y	US 5 208 522 A (GRIEPENTROG HARTMUT F L ET AL) 4 May 1993 (1993-05-04)	4
Y	abstract; figure 4	
Y	US 5 269 652 A (PETERSEN HELGE) 14 December 1993 (1993-12-14)	6
	abstract; figure 1	
	--- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 August 2001

Date of mailing of the international search report

23/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Criado Jimenez, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/01747

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GB 2 201 200 A (BERGISCHE STAHLINDUSTRIE) 24 August 1988 (1988-08-24) page 1, line 1 -page 2, line 19; figure -----	7
A	E. HAU: "Windkraftanlagen" 1996, SPRINGER VERLAG, BERLIN XP002160649 241430 page 246 -page 247	1
Y	*Bild 8.29 unten* page 249; figure 8.30 -----	5
E	FR 2 796 671 A (JEUMONT IND) 26 January 2001 (2001-01-26) figure 2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/01747

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4402184 A	03-08-1995	NONE	
EP 0864748 A	16-09-1998	FR 2760492 A WO 9840627 A	11-09-1998 17-09-1998
US 5208522 A	04-05-1993	DE 3523343 C DE 3523344 A DE 3666115 D WO 8700360 A EP 0263110 A IN 165607 A	15-01-1987 08-01-1987 09-11-1989 15-01-1987 13-04-1988 25-11-1989
US 5269652 A	14-12-1993	DK 722788 A AU 4669289 A WO 9007646 A EP 0449902 A	24-06-1990 01-08-1990 12-07-1990 09-10-1991
GB 2201200 A	24-08-1988	DE 3702008 A SE 8800052 A	04-08-1988 24-07-1988
FR 2796671 A	26-01-2001	EP 1115977 A WO 0107784 A	18-07-2001 01-02-2001

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 01/01747

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 F03D11/00 F03D9/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F03D H02K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DE 44 02 184 A (KLINGER FRIEDRICH PROF DR. ING) 3 août 1995 (1995-08-03)	1-3, 8, 9
Y	colonne 3, ligne 14 - ligne 17; figure 3	4
Y	EP 0 864 748 A (JEUMONT IND ;FRAMATOME SA (FR)) 16 septembre 1998 (1998-09-16)	1-3, 8, 9
Y	abrégé revendication 6	4-7
Y	US 5 208 522 A (GRIEPENTROG HARTMUT F L ET AL) 4 mai 1993 (1993-05-04)	4
Y	abrégé; figure 4	
Y	US 5 269 652 A (PETERSEN HELGE) 14 décembre 1993 (1993-12-14)	6
	abrégé; figure 1	
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 août 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/08/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Criado Jimenez, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR 01/01747

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	GB 2 201 200 A (BERGISCHE STAHLINDUSTRIE) 24 août 1988 (1988-08-24) page 1, ligne 1 -page 2, ligne 19; figure ---	7
A	E. HAU: "Windkraftanlagen" 1996, SPRINGER VERLAG, BERLIN XP002160649 241430 page 246 -page 247	1
Y	*Bild 8.29 unten* page 249; figure 8.30 ---	5
E	FR 2 796 671 A (JEUMONT IND) 26 janvier 2001 (2001-01-26) figure 2 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 01/01747

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4402184 A	03-08-1995	AUCUN	
EP 0864748 A	16-09-1998	FR 2760492 A	11-09-1998
		WO 9840627 A	17-09-1998
US 5208522 A	04-05-1993	DE 3523343 C	15-01-1987
		DE 3523344 A	08-01-1987
		DE 3666115 D	09-11-1989
		WO 8700360 A	15-01-1987
		EP 0263110 A	13-04-1988
		IN 165607 A	25-11-1989
US 5269652 A	14-12-1993	DK 722788 A	24-06-1990
		AU 4669289 A	01-08-1990
		WO 9007646 A	12-07-1990
		EP 0449902 A	09-10-1991
GB 2201200 A	24-08-1988	DE 3702008 A	04-08-1988
		SE 8800052 A	24-07-1988
FR 2796671 A	26-01-2001	EP 1115977 A	18-07-2001
		WO 0107784 A	01-02-2001